ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71006— 2023

Оптика и фотоника

ОБЪЕКТИВЫ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Методы измерений диаметра входного зрачка и определения относительного отверстия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт физической оптики, оптики лазеров и информационных оптических систем Всероссийского научного центра «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (ФГУП «НИИФО-ОЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 296 «Оптика и фотоника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 октября 2023 г. № 1123-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 58566—2019 в части пункта 4.5, раздела 10

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 2
5 Фотоэлектрический метод 4
6 Метод двойной щелевой диафрагмы 9
7 Автоколлимационный метод с применением нити 11
8 Визуальный метод с применением нити 13
9 Метод измерений с применением точечного источника излучения и экрана 14
10 Метод измерений с применением микроскопа 16
11 Методы определения относительного отверстия 18
12 Оформление результатов измерений 18

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оптика и фотоника

ОБЪЕКТИВЫ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Методы измерений диаметра входного зрачка и определения относительного отверстия

Optics and photonics. Lenses for optical electronic systems. Methods for measuring the diameter of the entrance pupil and determining the relative aperture

Дата введения — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на объективы для оптико-электронных систем:

- работающие из бесконечности (предмет в бесконечности, изображение на конечном расстоянии);
- микрообъективы, скорректированные на длину тубуса «бесконечность» (предмет на конечном расстоянии, изображение в бесконечности);
- коллиматорные (предмет на конечном расстоянии, изображение в бесконечности), и устанавливает методы измерений диаметра входного зрачка и определения относительного отверстия в ультрафиолетовом (от 0,25 до 0,38 мкм), видимом (от 0,38 до 0,78 мкм) и инфракрасном (от 0,78 до 15 мкм) диапазонах спектра.

Примечание — Точных границ излучения видимого диапазона спектра не существует, так как они зависят от значения энергетического потока, достигающего сетчатки глаза, и от восприимчивости наблюдателя. Нижнюю границу, как правило, принимают между значениями 0,36 и 0,40 мкм, а верхнюю — между 0,76 и 0,83 мкм. В настоящем стандарте границы излучения приняты равными 0,38 и 0,78 мкм.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Фотометрия. Термины и определения

ГОСТ 166 (ИСО 3599—76) Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 7427 Геометрическая оптика. Термины, определения и буквенные обозначения

ГОСТ 7601 Физическая оптика. Термины, буквенные обозначения и определения основных величин

ГОСТ 24604 Объективы. Метод определения коэффициента пропускания

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения

ГОСТ Р 8.674 Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к средствам измерений и техническим системам и устройствам с измерительными функциями

Издание официальное

ГОСТ Р 8.678 Государственная система обеспечения единства измерений. Формы оценки соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями установленным требованиям

ГОСТ Р 8.745/ISO/TR 14999-2:2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Оптика и фотоника. Интерференционные измерения оптических элементов и систем. Часть 2. Измерения и методика оценки результатов

ГОСТ Р 70038 Оптика и фотоника. Объективы для оптико-электронных систем. Методы измерений фокусного расстояния

ГОСТ Р 70039 Оптика и фотоника. Характеристики оптических систем. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 7427, ГОСТ 7601, ГОСТ 8.654, ГОСТ Р 70039.

4 Общие положения

4.1 Методы измерений

4.1.1 Фотоэлектрический метод измерения диаметра входного зрачка основан на сравнении световых потоков, прошедших через испытуемый объектив и испытуемый объектив с калиброванной диафрагмой.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков любой формы в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах спектра.

4.1.2 Метод двойной щелевой диафрагмы основан на измерении координат крайних положений двойной щелевой диафрагмы в тот момент, когда в фокальной плоскости испытуемого объектива перестают наблюдать три выраженных максимума, соответствующих трем интерференционным полосам, полученным в результате прохождения через двойную щелевую диафрагму узких пучков лучей.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков, превышающих 50 мм в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах спектра.

4.1.3 Автоколлимационный метод с применением нити основан на измерении координат крайних положений нити на краях входного зрачка испытуемого объектива, установленной в параллельном пучке лучей между плоским автоколлимационным зеркалом и испытуемым объективом.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков длиннофокусных объективов в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах спектра.

4.1.4 Визуальный метод с применением нити основан на измерении координат крайних положений нити на краях входного зрачка испытуемого объектива, установленной в параллельном пучке лучей между испытуемым и коллиматорным объективами.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков, превышающих 10 мм, в видимом диапазоне спектра.

4.1.5 Метод измерений с применением точечного источника излучения и экрана основан на измерении проекции входного зрачка на экране или матричном приемнике излучения.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков крупногабаритных объективов и диаметров входных зрачков сложной конфигурации преимущественно в видимом диапазоне

спектра. Данный метод допускается применять для измерений в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах спектра.

4.1.6 Метод измерений с применением микроскопа основан на непосредственном измерении апертурной диафрагмы испытуемого объектива.

Данный метод применяют для измерений диаметров входных зрачков не более 200 мм при длине объектива не более 100 мм; при использовании оптической скамьи — при любой длине объектива и любом диаметре входного зрачка преимущественно в видимом диапазоне спектра. Данный метод допускается применять для измерений в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах спектра.

4.1.7 Методы определения относительного отверстия основаны на вычислении геометрического и эффективного относительного отверстий по результатам измерений, выполненных по ГОСТ 24604, ГОСТ Р 70038 и настоящему стандарту.

4.1.8 Допускается применять другие методы измерений диаметров входных зрачков объективов, обеспечивающие требуемую точность, например: измерение диаметра входного зрачка штангенциркулем по ГОСТ 166 как диаметра оправы первой оптической поверхности, если это установлено в технической документации (ТД) на испытуемый объектив.

4.1.9 Относительная погрешность измерений диаметров входных зрачков объективов круглой формы — не более 2 %, диаметров входных зрачков сложной конфигурации — не более 4 %.

4.1.10 Суммарная относительная погрешность измерений при определении геометрического относительного отверстия — не более 3 % (для зрачков круглой формы) и 5 % (для зрачков сложной конфигурации).

Примечание — Суммарная относительная погрешность измерений при определении геометрического относительного отверстия испытуемого объектива зависит от используемых методов измерений диаметра входного зрачка, фокусного расстояния, формы входных зрачков, качества изготовления краев апертурной диафрагмы.

4.1.11 Суммарная относительная погрешность измерений при определении эффективного относительного отверстия не должна быть более 4 % (для зрачков круглой формы), 6 % (для зрачков сложной конфигурации).

Примечание — Суммарная относительная погрешность измерений при определении эффективного относительного отверстия испытуемого объектива зависит от используемых методов измерений диаметра входного зрачка, фокусного расстояния, коэффициента пропускания объектива, формы входных зрачков, качества изготовления края апертурной диафрагмы.

4.1.12 При проведении измерений должны быть обеспечены следующие условия, если иные не указаны в ТД на испытуемый объектив и применяемую аппаратуру:

- температура воздуха в помещении — (25 ± 10) °С;
- относительная влажность воздуха — от 45 % до 80 % (при температуре воздуха 20 °С);
- атмосферное давление — от 86,6 до 106,6 кПа.

4.1.13 Перед началом измерений объективы должны быть выдержаны в указанных условиях не менее 2 ч или в течение времени, достаточного для достижения ими температуры окружающего воздуха по всему объему, если условия хранения и транспортирования объективов от них отличались.

4.2 Общие требования к оборудованию и аппаратуре

4.2.1 Измерения проводят в диапазоне спектра, указанном в ТД на испытуемый объектив, с применением источников и приемников излучения, а также оптических элементов измерительной установки (в том числе светофильтров) с соответствующими спектральными характеристиками.

4.2.2 Измерения микрообъективов, скорректированных на длину тубуса «бесконечность», и коллиматорных объективов проводят в обратном ходе лучей.

4.2.3 При проведении измерений должны быть установлены все дополнительные оптические элементы или их имитаторы, предусмотренные расчетом оптических величин объектива.

4.2.4 Питание приемников излучения осуществляют от источников постоянного тока с пульсацией напряжения не более 0,1 %.

4.2.5 Система «приемник излучения—измерительный прибор» должна быть проверена на линейность характеристики «излучение—сигнал». Относительная погрешность измерений, обусловленная нелинейностью системы, должна быть не более 2 %.

4.2.6 В состав регистрирующей аппаратуры следует включать блоки усиления и преобразования сигнала, аналого-цифровые преобразователи, средства измерений, средства контроля, испытательное оборудование, программное обеспечение.

Примечание — В качестве средств измерений допускается применять преобразователи линейных перемещений, индикаторы, преобразователи угловых перемещений, теодолиты, мультиметры, селективные вольтметры, осциллографы, источники излучения в виде модели черного тела.

4.2.7 Средства измерений, их составные части и программное обеспечение, стандартные образцы, средства контроля и испытательное оборудование, эталоны единиц величин должны обеспечивать возможность проведения мониторинга, измерений параметров и характеристик процессов и продукции в заданных условиях и диапазонах измерений с необходимой точностью и соответствовать требованиям ТД.

4.2.8 Средства измерений должны быть поверены или откалиброваны.

4.2.9 Эталоны единиц величин должны быть аттестованы.

4.2.10 Стандартные образцы должны иметь утвержденный тип и соответствовать установленному сроку службы.

4.2.11 Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568; средства измерений, используемые в составе испытательного оборудования, должны быть поверены.

4.2.12 Средства контроля и индикаторы, являющиеся техническими средствами, должны быть проверены на соответствие эксплуатационной документации.

4.2.13 Программное обеспечение средств измерений должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.654.

4.2.14 Технические системы и устройства с измерительными функциями должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.674 и ГОСТ Р 8.678.

5 Фотоэлектрический метод

5.1 Требования к аппаратуре

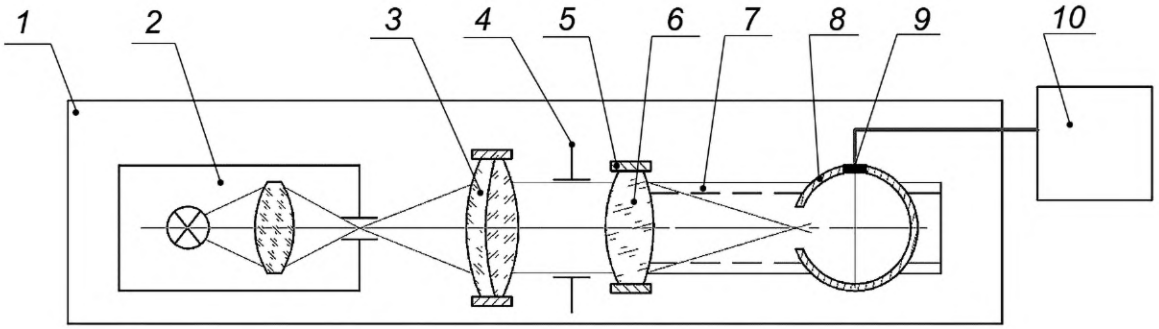
5.1.1 Измерение диаметра входного зрачка фотоэлектрическим методом проводят с применением коллиматорной установки:

- с фотометрическим шаром, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1 а);
- анализирующим узлом, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1 б).

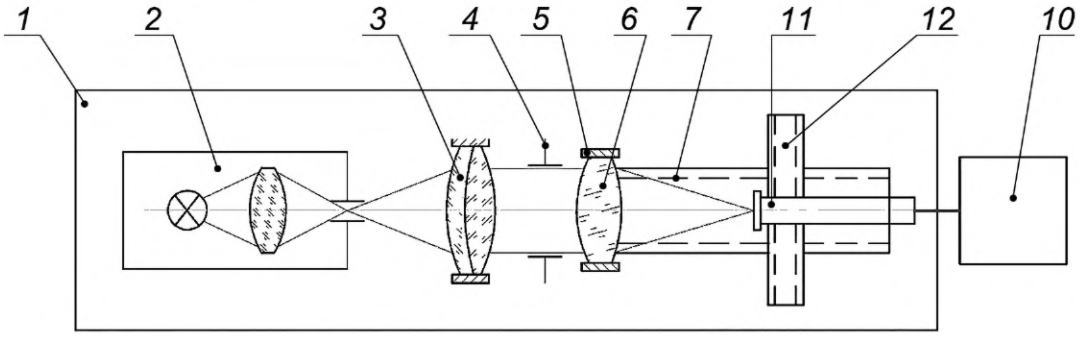
5.1.2 В качестве источника излучения применяют:

- лампу накаливания, галогенную лампу, лазерный или светодиодный источник излучения — для видимого диапазона спектра;
- ксеноновую лампу, лазерный или светодиодный источник излучения — для ультрафиолетового диапазона спектра;
- излучатель из карбида кремния (глобар), керамический излучатель, абсолютно черное тело (источник излучения в виде модели черного тела), лазерный или светодиодный источник излучения — для инфракрасного диапазона спектра.

Примечание — Допускается использовать другие источники излучения, если они обеспечивают требуемый диапазон спектра в соответствии с ТД на объектив.



а) Принципиальная схема коллиматорной установки с фотометрическим шаром



б) Принципиальная схема коллиматорной установки с анализирующим узлом

1 — единое амортизационное основание; *2* — фокальный узел, состоящий из источника излучения, конденсора, коллиматорной диафрагмы; *3* — коллиматорный объектив; *4* — диафрагма с калиброванным отверстием; *5* — объективодержатель; *6* — испытуемый объектив; *7* — станина с продольными направляющими; *8* — фотометрический шар; *9* — приемник излучения; *10* — регистрирующая аппаратура; *11* — анализирующий узел; *12* — двух- или трехкоординатное устройство

Рисунок 1 — Принципиальные схемы коллиматорных установок для измерений диаметра входного зрачка фотоэлектрическим методом

5.1.3 Конденсор должен быть установлен таким образом, чтобы изображение излучающего тела источника излучения в рабочем диапазоне спектра испытуемого объектива проецировалось на коллиматорную диафрагму. При использовании линзового конденсора в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне спектра проводят предварительную юстировку в видимом диапазоне спектра, а затем конденсор перемещают вдоль оптической оси на расчетную величину для освещения диафрагмы в рабочем диапазоне спектра испытуемого объектива.

Апертурный угол конденсора должен превышать апертурный угол коллиматорного объектива не менее чем в 1,2 раза.

При использовании лазерного источника излучения фокусное расстояние конденсора $f'_{конд}$, мм, вычисляют по формуле

$$f'_{конд} = \frac{d_п \cdot f'_{к.о}}{1{,}2 D_{и.о}}, \quad (1)$$

где $d_п$ — диаметр пучка лучей лазерного источника излучения, мм;

$f'_{к.о}$ — фокусное расстояние коллиматорного объектива, мм;

$D_{и.о}$ — диаметр входного зрачка испытуемого объектива, мм.

5.1.4 Коллиматорная диафрагма должна быть совмещена с фокальной плоскостью коллиматорного объектива для рабочего диапазона спектра испытуемого объектива с относительной погрешностью не более 0,05 % от значения фокусного расстояния коллиматорного объектива.

Допустимую дефокусировку коллиматорного объектива $\Delta_{f.к.о}$ вычисляют по формуле

$$\Delta_{f.к.о} \le \frac{4\lambda \cdot f'^2_{к.о}}{D^2_{к.о}}, \quad (2)$$

где λ — рабочая длина волны испытуемого объектива, мкм;

$D_{к.о}$ — диаметр выходного зрачка коллиматорного объектива, мм.

Примечание — Для объективов, работающих в широком диапазоне спектра, в качестве рабочей длины волны испытуемого объектива принимают ее среднее значение.

5.1.5 Диаметр d_1, мм, коллиматорной диафрагмы вычисляют по формуле

$$d_1 \le 0{,}1 \cdot a' \cdot \frac{f'_{к.о}}{f'_{и.о}}, \quad (3)$$

где a' — диаметр пятна рассеяния, определяемый исходя из расчета оптических величин объектива, мм;

$f'_{и.о}$ — фокусное расстояние испытуемого объектива, мм, измеренное по ГОСТ Р 70038.

Допускается использовать диаметр дифракционного пятна рассеяния a, вычисляемый по формуле

$$a' = \frac{2{,}44\lambda}{\frac{D_{и.о}}{f'_{и.о}}}. \quad (4)$$

5.1.6 Фокусное расстояние коллиматорного объектива должно превышать фокусное расстояние испытуемого объектива не менее чем в три раза.

Измерение фокусного расстояния коллиматорного объектива проводят в соответствии с ГОСТ Р 70038 с относительной погрешностью не более 0,2 % либо не более значения, установленного в ТД на коллиматорный объектив.

Линзовые и зеркально-линзовые коллиматорные объективы должны быть изготовлены из материалов, прозрачных в рабочем диапазоне спектра испытуемого объектива.

5.1.7 Среднеквадратическая деформация волнового фронта коллиматорного объектива должна быть не более $\lambda/14$ в пределах светового диаметра коллиматорного объектива (область ахроматизации испытуемого объектива должна находиться внутри области ахроматизации коллиматорного объектива). Измерения проводят по ГОСТ Р 8.745.

Допускается использовать коллиматорный объектив с большей среднеквадратической деформацией волнового фронта, если она незначительно влияет на суммарную погрешность определения требуемой характеристики, установленной в ТД на испытуемый объектив.

5.1.8 При необходимости объективодержатель должен обеспечивать возможность вращения испытуемого объектива вокруг оптической оси на 360° для установки требуемой ориентировки. Допускается также возможность вращения испытуемого объектива вокруг вертикальной оси.

5.1.9 Станина с продольными направляющими должна иметь раздельные подвижки вдоль оптической оси, обеспечивать возможность установки и независимого перемещения объективодержателя и трехкоординатного устройства с анализирующим узлом вдоль оптической оси испытуемого объектива и закрепления их в заданном положении таким образом, чтобы вертикальная ось поворотного устройства находилась в плоскости входного зрачка испытуемого объектива или вблизи указанной плоскости.

При подготовке установки к измерениям необходимо проводить контроль заполнения входного зрачка испытуемого объектива при развороте поворотного устройства на полевые углы.

5.1.10 Допуск перпендикулярности опорного торца объективодержателя к оптической оси коллиматорного объектива должен составлять 1'.

5.1.11 Трехкоординатное устройство, предназначенное для перемещения анализирующего узла в трех взаимно перпендикулярных направлениях, должно обеспечивать перемещение вдоль и поперек оптической оси.

5.1.12 Варианты исполнения анализирующего узла:

а) одноэлементный приемник излучения с измерительной диафрагмой;

б) одноэлементный приемник излучения с проекционным объективом и измерительной диафрагмой;

в) матричный приемник излучения с микрообъективом;

г) матричный приемник излучения с микрообъективом и тубусной линзой;

д) фотометрический шар с одноэлементным приемником излучения.

5.1.13 В качестве одноэлементных приемников излучения используют: селеновый фотоэлемент, германиевый и кремниевый фотодиоды, фотоэлектронный умножитель — для видимого диапазона спектра; фотоэлектронный умножитель — для ультрафиолетового диапазона спектра; пироэлектрические приемники фоторезисторы на основе поликристаллического сульфида свинца (PbS), селенида свинца (PbSe), на основе сплава кадмий-ртуть-теллур (HgCdTe) — для инфракрасного диапазона спектра.

В качестве матричных приемников излучения используют ПЗС- и КМОП-матрицы, микроболометрические матрицы на основе сплава кадмий-ртуть-теллур (HgCdTe).

Матричный приемник излучения должен иметь разрядность аналого-цифрового преобразователя не менее 12 бит.

Примечание — Допускается использовать другие приемники излучения, если они обеспечивают требуемый диапазон спектра в соответствии с ТД на объектив.

5.1.14 При использовании матричных приемников излучения применяют проекционную систему, состоящую из микрообъектива или микрообъектива с тубусной линзой.

Проекционная система должна удовлетворять следующим требованиям:

- апертурный угол микрообъектива в пространстве предметов должен превышать апертурный угол испытуемого объектива в пространстве изображений не менее чем в 1,2 раза;
- микрообъектив и тубусная линза должны иметь исправленные аберрации (в т. ч. хроматические) в рабочем диапазоне спектра испытуемого объектива;
- увеличение проекционной системы должно быть не менее 15^x.

5.1.15 При использовании одноэлементных приемников излучения диаметр d_2, мм, измерительной диафрагмы анализирующего узла вычисляют по формуле

$$d_2 \geq 10a'. \quad (5)$$

5.1.16 Размер чувствительной площадки h, мм, одноэлементного приемника излучения при измерении диаметра входного зрачка вычисляют по формуле

$$h \geq 1{,}5[d_2 + 2m \cdot \mathrm{tg}(u')], \quad (6)$$

где m — расстояние от измерительной диафрагмы до чувствительного слоя приемника излучения, мм;

u' — апертурный угол испытуемого объектива, градусы.

Примечания

1 В зависимости от конструкции приемника излучения размером h может являться радиус или высота чувствительной площадки.

2 Расстояние от измерительной диафрагмы до чувствительного слоя приемника излучения m определяют в соответствии с конструкторской документацией на установку или косвенными методами линейных измерений.

5.1.17 При необходимости использования приемника излучения с размерами чувствительной площадки менее вычисляемых по формуле (6), применяют проекционный объектив, который устанавливают между измерительной диафрагмой и приемником излучения. При этом измерительную диафрагму устанавливают в предметную плоскость проекционного объектива, а чувствительный слой приемника излучения — в плоскость изображения проекционного объектива.

Проекционный объектив должен удовлетворять следующим требованиям:

- апертурный угол проекционного объектива в пространстве предметов должен превышать апертурный угол испытуемого объектива в пространстве изображений не менее чем в 1,2 раза;
- площадь пятна рассеяния проекционного объектива должна быть менее площади чувствительного слоя приемника излучения.

5.1.18 Для измерений применяют фотометрический шар [см. рисунок 1 а)] с внутренним диаметром от 100 до 150 мм, коэффициентом отражения внутренней поверхности не менее 0,85.

Фотометрический шар должен иметь отверстие для установки одноэлементного приемника излучения, расположенного под углом 90° к оптической оси испытуемого объектива.

5.1.19 При работе с одноэлементным приемником излучения без модулятора фоточувствительная поверхность приемника должна быть защищена от попадания постороннего излучения. При использовании модулятора его устанавливают в фокальном узле. Привод модулятора осуществляют синхронным электродвигателем. Частоту модуляции определяют в соответствии с паспортными данными приемника излучения.

5.1.20 Фильтр, выделяющий рабочий диапазон спектра, допускается устанавливать как перед коллиматорной диафрагмой, так и между измерительной диафрагмой и приемником излучения. При работе с лазерным источником излучения фильтр не используют.

5.2 Подготовка к измерениям

5.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

5.2.2 Испытуемый объектив устанавливают в объективодержатель таким образом, чтобы пучок лучей от источника излучения заполнял входной зрачок испытуемого объектива.

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, указанным в ТД на объектив.

5.2.3 Коллиматорную диафрагму устанавливают в фокальном узле коллиматорного объектива измерительной установки.

5.2.4 Диафрагму или микрообъектив анализирующего узла или входное отверстие фотометрического шара устанавливают на указанном в ТД расстоянии от последней оптической поверхности испытуемого объектива, равном заднему отрезку испытуемого объектива.

Абсолютная погрешность установки указанного расстояния должна быть не более 1 % от значения фокусного расстояния испытуемого объектива или не более значения, указанного в ТД на испытуемый объектив.

5.2.5 Анализирующий узел или входное отверстие фотометрического шара устанавливают в плоскость, близкую к плоскости наилучшей установки (плоскости наилучшего изображения). С этой целью проводят перемещение анализирующего узла или фотометрического шара в трех взаимно перпендикулярных направлениях до получения максимального сигнала на выходе приемника излучения.

5.3 Проведение измерений

5.3.1 Измеряют значение сигнала U_1 на выходе приемника излучения, пропорциональное значению энергии, проходящей через испытуемый объектив.

5.3.2 На испытуемой объектив устанавливают диафрагму с калиброванным отверстием и измеряют значение сигнала U_2 на выходе приемника излучения, пропорциональное значению энергии, проходящей через испытуемый объектив с диафрагмой.

Примечание — Калиброванную диафрагму подбирают таким образом, чтобы значение U_2 отличалось от значения U_1 не более чем на 10 %.

5.3.3 Повторяют измерения три раза и вычисляют среднее арифметическое значение сигналов $U_{1ср}$ и $U_{2ср}$.

5.4 Обработка результатов

5.4.1 Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле

$$D_{и.о} = D_к \sqrt{\frac{U_{1ср}}{U_{2ср}}}, \quad (7)$$

где $D_к$ — диаметр калиброванного отверстия, мм.

5.4.2 Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, с центральным экранированием вычисляют по формуле

$$D_{и.о} = \sqrt{\frac{U_{1ср}}{U_{2ср}} \cdot (D_к^2 - D_э^2)}, \quad (8)$$

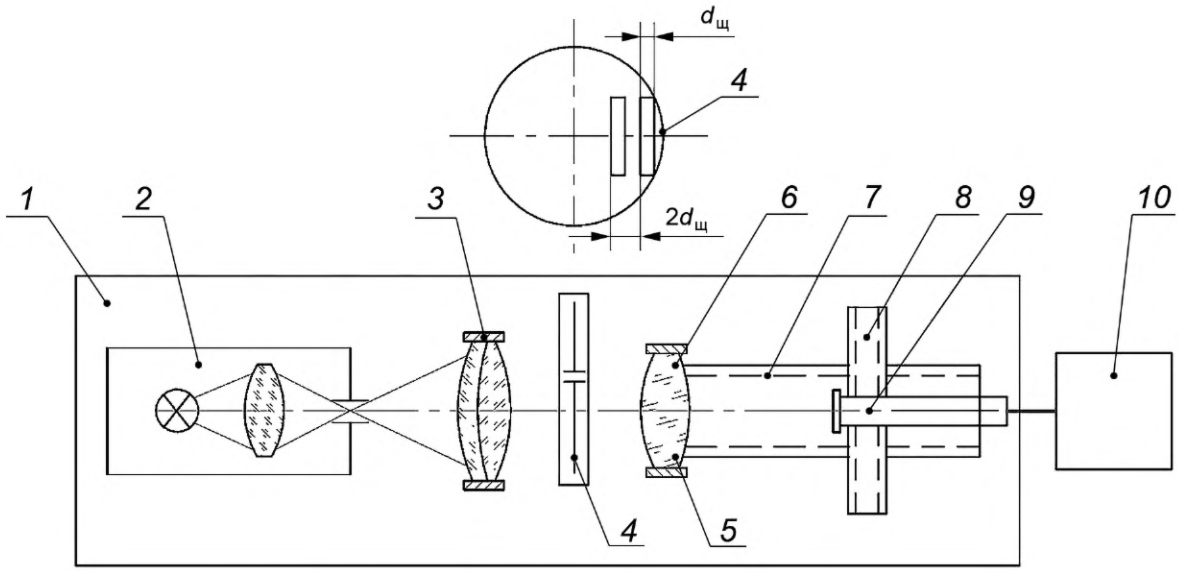
где $D_э$ — диаметр экранирующей зоны, мм.

Примечание — Для испытуемых зеркально-линзовых или зеркальных объективов за диаметр экранирующей зоны принимают диаметр вторичного зеркала или наружный диаметр бленды на нем.

6 Метод двойной щелевой диафрагмы

6.1 Требования к аппаратуре

6.1.1 Измерение диаметра входного зрачка методом двойной щелевой диафрагмы проводят на коллиматорной установке, принципиальная схема которой приведена на рисунке 2.



1 — единое амортизационное основание; *2* — фокальный узел, состоящий из источника излучения, конденсора, коллиматорной диафрагмы и модулятора (при работе с одноэлементыми приемниками излучения); *3* — коллиматорный объектив; *4* — узел перемещения двойной щелевой диафрагмы; *5* — объективодержатель; *6* — испытуемый объектив; *7* — станина с продольными направляющими; *8* — двух- или трехкоординатное устройство; *9* — анализирующий узел; *10* — регистрирующая аппаратура; $d_щ$ — ширина щелей и промежутка между ними двойной щелевой диафрагмы, мм

Рисунок 2 — Принципиальная схема коллиматорной установки для измерений диаметра входного зрачка методом двойной щелевой диафрагмы

6.1.2 Ширину b_1 или диаметр d_1 щелевой или круглой коллиматорной диафрагмы вычисляют по формуле

$$b_1 = d_1 \le 0{,}1\frac{\lambda \cdot f_{к.о}}{d_щ}. \quad (9)$$

6.1.3 Ширину измерительной щелевой диафрагмы b_2 вычисляют по формуле

$$b_2 \le \frac{\lambda \cdot f'_{и.о}}{4d_щ}. \quad (10)$$

Ширина измерительной щелевой диафрагмы должна быть не менее длины волны, при которой проводят измерения.

Длина измерительной щелевой диафрагмы должна превышать длину геометрического изображения коллиматорной диафрагмы.

6.1.4 Ширину щелей и промежутка между ними двойной щелевой диафрагмы $d_{щ}$, мм, для объективов с относительным отверстием менее 1:2 вычисляют по формуле

$$d_{щ} = (\frac{1}{100} \div \frac{1}{150}) f'_{и.о}. \quad (11)$$

Ширину щелей и промежутка между ними двойной щелевой диафрагмы $d_{щ}$, мм, для объективов с относительным отверстием, равным или более 1:2, вычисляют по формуле

$$d_{щ} = (\frac{1}{60} \div \frac{1}{80}) f'_{и.о}. \quad (12)$$

.

6.1.5 Длина щелей двойной щелевой диафрагмы должна быть не более 0,2 диаметра входного зрачка испытуемого объектива.

6.1.6 Узел перемещения двойной щелевой диафрагмы должен обеспечивать перемещение по прямолинейным направляющим в плоскости, перпендикулярной оптической оси коллиматорного объектива с регистрацией линейных перемещений с погрешностью не более 0,01 мм либо не более значения, установленного в ТД на испытуемый объектив.

6.1.7 Допуск перпендикулярности опорного торца объективодержателя к узлу перемещения двойной щелевой диафрагмы должен составлять 1′.

6.1.8 Варианты исполнения анализирующего узла:

а) одноэлементный приемник излучения с измерительной диафрагмой;

б) одноэлементный приемник излучения с проекционным объективом и измерительной диафрагмой;

в) матричный приемник излучения с микрообъективом;

г) матричный приемник излучения с микрообъективом и тубусной линзой;

д) микроскоп (в том числе с окуляр-микрометром).

6.1.9 Микроскоп должен иметь кратность увеличения не менее 30, апертурный угол микрообъектива в пространстве предметов должен превышать апертурный угол испытуемого объектива в пространстве изображений не менее чем в 1,2 раза.

6.1.10 Ширину h, мм, и высоту w, мм, чувствительной площадки одноэлементного приемника излучения при измерении диаметра входного зрачка вычисляют по формулам:

$$h \geq 1{,}5 \cdot [h'_{к} + 2m \cdot \operatorname{tg}(u')]; \quad (13)$$

$$w \geq 3m \cdot \operatorname{tg}(u'), \quad (14)$$

где $h'_{к}$ — высота (длина) изображения коллиматорной щелевой диафрагмы, мм.

Примечание — Расстояние от измерительной диафрагмы до чувствительного слоя приемника излучения m определяют в соответствии с конструкторской документацией на установку или косвенными методами линейных измерений.

6.1.11 При применении лазерного источника излучения в качестве конденсора рекомендуется использовать цилиндрическое зеркало с системой плоских зеркал либо цилиндрическую линзу, с помощью которых осуществляют освещение входного зрачка испытуемого объектива по горизонтальному диаметру.

6.1.12 Требования к другим узлам коллиматорной установки — в соответствии с 5.1.

6.2 Подготовка к измерениям

6.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

6.2.2 Испытуемый объектив устанавливают в объективодержатель таким образом, чтобы пучок лучей от источника излучения фокального узла заполнял входной зрачок испытуемого объектива.

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, установленным в ТД на объектив.

6.2.3 Коллиматорную диафрагму устанавливают в фокальном узле коллиматорного объектива измерительной установки.

6.2.4 Анализирующий узел устанавливают на указанном в ТД расстоянии от последней оптической поверхности испытуемого объектива, равном заднему фокальному отрезку испытуемого объектива.

Абсолютная погрешность установки указанного расстояния должна быть не более 1 % от значения фокусного расстояния испытуемого объектива или не более значения, указанного в ТД на испытуемый объектив.

6.2.5 При применении анализирующего узла на основе одноэлементного приемника излучения измерительную щелевую диафрагму ориентируют вертикально, а чувствительную площадку приемника излучения — таким образом, чтобы ее большая сторона была вертикальной.

6.2.6 Анализирующий узел перемещают в трех взаимно перпендикулярных направлениях до получения максимального сигнала на выходе приемника излучения.

6.2.7 Проводят установку параллельности коллиматорной щелевой и измерительной диафрагм или коллиматорной щелевой диафрагмы и столбцов пикселей матричного приемника излучения. Для этого поворачивают одну из диафрагм в плоскости, перпендикулярной оптической оси, до получения максимального сигнала на выходе приемника излучения при сканировании изображения коллиматорной диафрагмы измерительной диафрагмой или при регистрации изображения матричным приемником излучения.

6.2.8 Устанавливают узел двойной щелевой диафрагмы в параллельном пучке лучей между коллиматорным и испытуемым объективами вблизи входного зрачка испытуемого объектива.

6.2.9 Ориентируют щели двойной щелевой диафрагмы параллельно коллиматорной и измерительной диафрагмам.

6.2.10 Выбирают плоскость наилучшей установки анализирующего узла (плоскость наилучшего изображения). Для этого анализирующий узел перемещают в трех взаимно перпендикулярных направлениях до получения максимального сигнала на выходе приемника излучения.

6.3 Проведение измерений

6.3.1 В фокальной плоскости испытуемого объектива с помощью анализирующего узла регистрируют три явно выраженных максимума, соответствующих трем интерференционным полосам, полученным в результате прохождения через двойную щелевую диафрагму узких пучков лучей.

6.3.2 Двойную щелевую диафрагму поперечными перемещениями последовательно устанавливают в диаметрально противоположные крайние положения входного зрачка испытуемого объектива, определяемые тем моментом, когда на выходе приемника излучения остается один максимум, соответствующий одной широкой полосе.

6.3.3 Определяют координаты крайних положений двойной щелевой диафрагмы M_2 и M_1 по шкале преобразователя линейных перемещений.

6.3.4 Измерения проводят не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений.

6.4 Обработка результатов

Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле

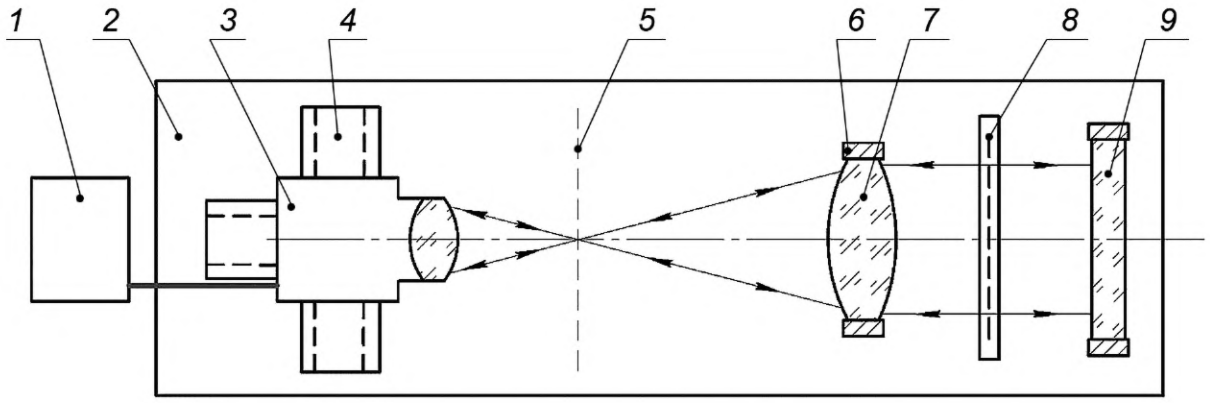
$$D_{и.о} = |M_2 - M_1| + 2\,d_{щ}. \quad (15)$$

Вычисляют среднеквадратическое отклонение значения диаметра входного зрачка.

7 Автоколлимационный метод с применением нити

7.1 Требования к аппаратуре

7.1.1 Измерение диаметра входного зрачка автоколлимационным методом с применением нити проводят на установке, принципиальная схема которой приведена на рисунке 3.



1 — регистрирующая аппаратура; *2* — единое амортизационное основание; *3* — интерферометр; *4* — двух- или трехкоординатное устройство; *5* — плоскость изображения испытуемого объектива; *6* — объективодержатель; *7* — испытуемый объектив; *8* — узел перемещения нити; *9* — плоское автоколлимационное зеркало

Рисунок 3 — Принципиальная схема установки для измерений диаметра входного зрачка автоколлимационным методом с применением нити

7.1.2 Апертурный угол объектива интерферометра должен превышать задний апертурный угол испытуемого объектива не менее чем в 1,2 раза.

7.1.3 Трех- или двухкоординатное устройство, предназначенное для перемещения интерферометра в трех или двух взаимно перпендикулярных направлениях, должно обеспечивать возможность перемещения испытуемого объектива вдоль и поперек оптической оси испытуемого объектива.

7.1.4 Среднеквадратическая деформация волнового фронта плоского автоколлимационного зеркала (см. рисунок 3) должна быть не более λ/14 в пределах светового диаметра испытуемого объектива. Измерения проводят по ГОСТ Р 8.745.

7.1.5 Допуск параллельности опорного торца объективодержателя к плоскому автоколлимационному зеркалу должен составлять 1′.

7.1.6 Узел перемещения нити должен обеспечивать перемещение по прямолинейным направляющим в плоскости, перпендикулярной оптической оси коллиматорного объектива с регистрацией линейных перемещений с погрешностью не более 0,01 мм либо не более значения, установленного в ТД на испытуемый объектив.

7.1.7 Диаметр нити — не более 0,1 мм.

7.1.8 Допуск параллельности опорного торца объективодержателя к узлу перемещения нити должен составлять 1′.

7.2 Подготовка к измерениям

7.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

7.2.2 Испытуемый объектив устанавливают в объективодержатель в обратном ходе лучей — первой оптической поверхностью к плоскому автоколлимационному зеркалу.

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, установленным в ТД на объектив.

7.2.3 Предметную точку объектива интерферометра устанавливают в фокальную плоскость испытуемого объектива.

7.2.4 Предметную точку объектива интерферометра совмещают с плоскостью наилучшего изображения испытуемого объектива.

7.2.5 Достигают четкого изображения входного зрачка объектива для центра углового поля объектива в пространстве предметов на выходе матричного приемника излучения интерферометра.

7.2.6 Устанавливают узел перемещения нити в параллельном пучке лучей между плоским автоколлимационным зеркалом и испытуемым объективом вблизи входного зрачка испытуемого объектива.

7.2.7 Совмещают плоскость узла перемещения нити с входным зрачком испытуемого объектива путем перемещения узла вдоль оптической оси испытуемого объектива до достижения резкого изображения нити на выходе матричного приемника излучения интерферометра.

7.3 Проведение измерений

7.3.1 Регистрируют резкое изображение нити на выходе матричного приемника излучения интерферометра.

7.3.2 Узел перемещения нити поперечными перемещениями последовательно устанавливают в диаметрально противоположные крайние положения входного зрачка испытуемого объектива, определяемые тем моментом, когда нить находится на границе входного зрачка.

7.3.3 Определяют координаты крайних положений нити N_2 и N_1 по шкале преобразователя линейных перемещений.

7.3.4 Измерения проводят не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений.

7.4 Обработка результатов

Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле

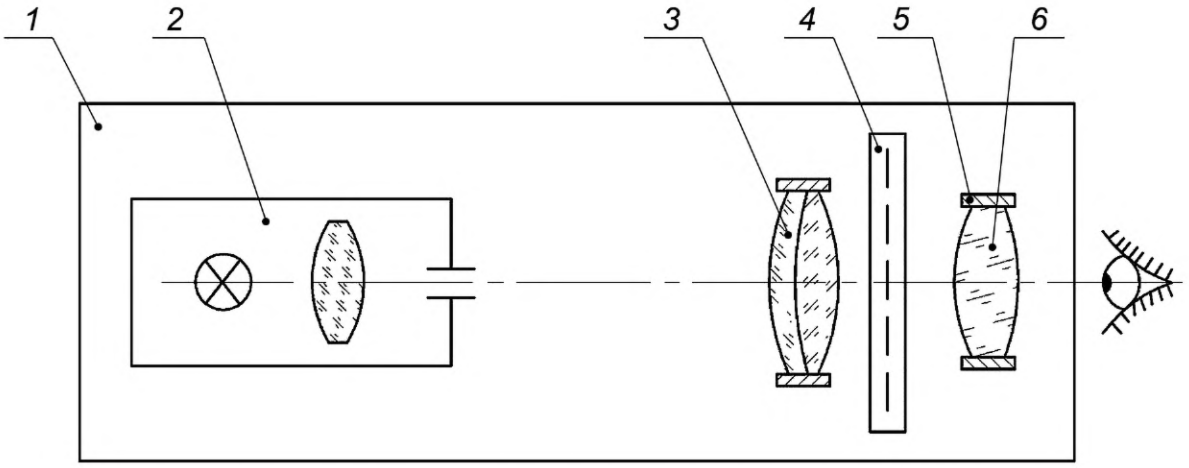
$$D_{и.о} = |N_2 - N_1|. \quad (16)$$

Вычисляют среднеквадратическое отклонение значения диаметра входного зрачка.

8 Визуальный метод с применением нити

8.1 Требования к аппаратуре

8.1.1 Измерение диаметра входного зрачка визуальным методом с применением нити проводят на коллиматорной установке, принципиальная схема которой приведена на рисунке 4.



1 — единое амортизационное основание; *2* — фокальный узел, состоящий из источника излучения, конденсора, коллиматорной диафрагмы; *3* — коллиматорный объектив; *4* — узел перемещения нити; *5* — объективодержатель; *6* — испытуемый объектив

Рисунок 4 — Принципиальная схема коллиматорной установки для измерений диаметра входного зрачка визуальным методом с применением нити

8.1.2 Требования к коллиматорному объективу и объективодержателю в соответствии с 5.1.

Примечание — Рекомендуемое отношение диаметра коллиматорной диафрагмы к фокусному расстоянию коллиматорного объектива — не более 1:1000.

8.1.3 Требования к узлу перемещения нити — в соответствии с 7.1.

8.2 Подготовка к измерениям

8.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

8.2.2 Испытуемый объектив устанавливают в объективодержатель таким образом, чтобы пучок лучей от источника излучения фокального узла заполнял входной зрачок испытуемого объектива.

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, установленным в ТД на объектив.

8.2.3 Коллиматорную диафрагму устанавливают в фокальном узле коллиматорного объектива измерительной установки.

8.2.4 Устанавливают узел перемещения нити в параллельном пучке лучей между коллиматорным и испытуемым объективами вблизи входного зрачка испытуемого объектива.

8.3 Проведение измерений

8.3.1 Наблюдение за изображением нити осуществляют вблизи заднего главного фокуса испытуемого объектива.

8.3.2 Вертикальную нить перемещают до тех пор, пока изображение, видимое через испытуемый объектив, не будет совмещено поочередно с диаметрально противоположными краями входного зрачка.

8.3.3 Определяют координаты крайних положений нити N_2 и N_1 по шкале преобразователя линейных перемещений.

8.3.4 Измерения проводят не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений.

8.4 Обработка результатов

Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле (16).

Вычисляют среднеквадратическое отклонение значения диаметра входного зрачка.

9 Метод измерений с применением точечного источника излучения и экрана

9.1 Требования к аппаратуре

9.1.1 Измерение диаметра входного зрачка методом с применением точечного источника излучения и экрана проводят с использованием:

- установки с осветителем и точечной диафрагмой, устанавливаемой в задний главный фокус испытуемого объектива, принципиальная схема которой приведена на рисунке 5 а);
- автоколлимационной установки, принципиальная схема которой приведена на рисунке 5 б).

Диаметр точечной диафрагмы d, установленной в заднем главном фокусе испытуемого объектива, должен быть не более $0{,}01 \cdot D_н$.

9.1.2 Диаметр точечной диафрагмы d, мм, установленной в заднем главном фокусе испытуемого объектива, вычисляют по формуле

$$d \le 0{,}005 \frac{f'_{и.о} \cdot D_н}{l}, \qquad (17)$$

где $D_н$ — номинальный (расчетный) диаметр входного зрачка испытуемого объектива;

l — расстояние от объектива до экрана приемника излучения, мм.

9.1.3 Погрешность совмещения диафрагмы с фокальной плоскостью испытуемого объектива должна быть не более 0,05 % значения фокусного расстояния испытуемого объектива.

9.1.4 Апертурный угол конденсора и автоколимационного устройства должен превышать задний апертурный угол испытуемого объектива не менее чем в 1,2 раза.

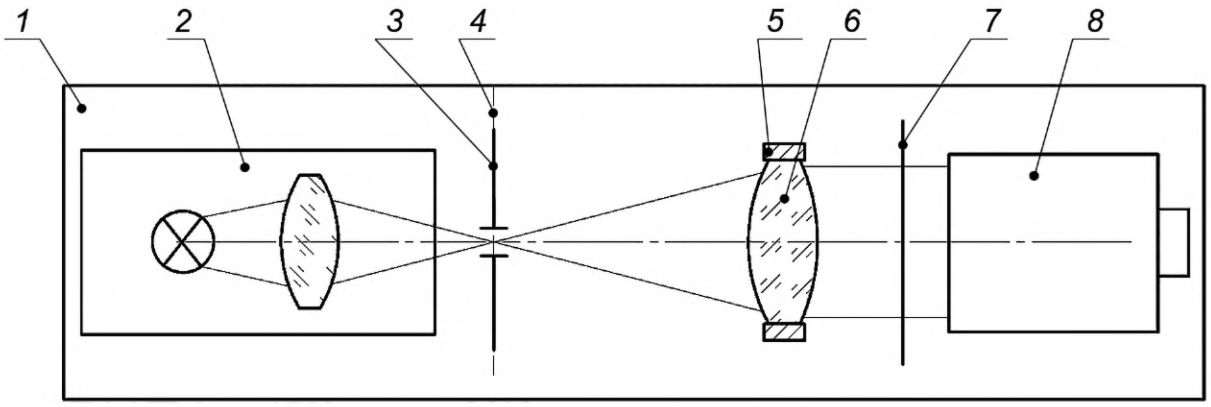
Примечание — Допускается не использовать конденсор, если требование по апертурному углу обеспечивается точечной диафрагмой.

9.1.5 В качестве матричных приемников излучения используют ПЗС- и КМОП-матрицы, микроболометрические матрицы на основе сплава кадмий-ртуть-теллур (HgCdTe).

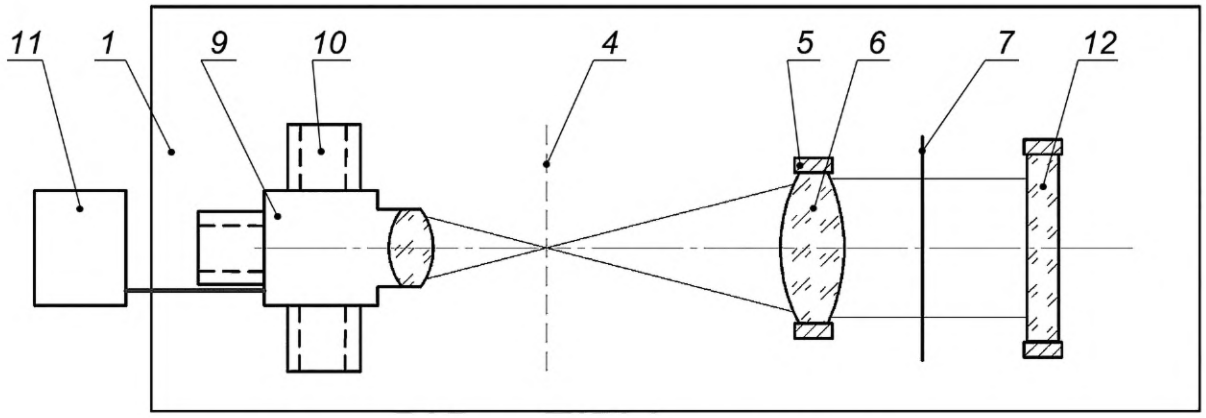
9.1.6 Экран или матричный приемник излучения должен быть установлен параллельно опорной поверхности объективодержателя. Погрешность установки экрана или матричного приемника излучения — не более 1′.

9.1.7 Размер фоточувствительной площадки матричного приемника излучения или экрана по наименьшей стороне должен быть больше диаметра входного зрачка испытуемого объектива.

9.1.8 Требования к плоскому автоколлимационному зеркалу — по 7.1.4, 7.1.5.



а) Принципиальная схема установки с осветителем и точечной диафрагмой



б) Принципиальная схема автоколлимационной установки

1 — единое амортизационное основание; *2* — осветитель, состоящий из источника излучения и конденсора; *3* — точечная диафрагма; *4* — плоскость изображений испытуемого объектива; *5* — объективодержатель; *6* — испытуемый объектив, установленный в обратном ходе лучей; *7* — экран или матричный приемник излучения; *8* — зрительная труба; *9* — автоколлимационное устройство (интерферометр, автоколлиматор с перефокусировкой, автоколлимационный микроскоп); *10* — двух- или трехкоординатное устройство; *11* — регистрирующая аппаратура; *12* — плоское автоколлимационное зеркало

Рисунок 5 — Принципиальные схемы установок для измерений диаметра входного зрачка методом с применением точечного источника излучения и экрана

9.2 Подготовка к измерениям

9.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

9.2.2 Испытуемый объектив устанавливают в объективодержатель в обратном ходе лучей — первой оптической поверхностью к зрительной трубе или плоскому автоколлимационному зеркалу.

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, установленным в ТД на объектив.

9.2.3 Точечную диафрагму с осветителем или предметную точку объектива автоколлимационного устройства устанавливают в задний главный фокус испытуемого объектива.

Примечания

1 При использовании зрительной трубы [см. рисунок 5 а)] находят резкое изображение диафрагмы, видимое в поле зрения зрительной трубы, перемещая осветитель с диафрагмой вдоль оптической оси.

2 При использовании интерферометра в качестве автоколлимационного устройства [см. рисунок 5 б)] на выходе интерферометра регистрируют интерференционную картину или изображение входного зрачка, соответствующие центру углового поля в пространстве предметов.

3 При использовании автоколлиматора с перефокусировкой или автоколлимационного микроскопа в качестве автоколлимационного устройства [см. рисунок 5 б)] автоколлимационное изображение должно совпадать с перекрестием шкалы (сетки) автоколлиматора или микроскопа.

9.2.4 Экран или матричный приемник излучения устанавливают перед входным отверстием испытуемого объектива и наблюдают проекцию входного зрачка.

9.3 Проведение измерений

9.3.1 При использовании матричного приемника излучения регистрируют проекцию входного зрачка в памяти персонального компьютера в виде графического файла.

9.3.2 При использовании экрана (в видимом диапазоне спектра) измерительной линейкой по ГОСТ 427 измеряют диаметр входного зрачка испытуемого объектива.

9.3.3 При измерении эквивалентного диаметра D' входного зрачка сложной конфигурации на экране (в видимом диапазоне спектра) зарисовывают контур зрачка и определяют площадь S, ограниченную контуром, или регистрируют проекцию входного зрачка на выходе матричного приемника излучения в памяти персонального компьютера в виде графического файла.

9.3.4 Измерения проводят не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений.

9.4 Обработка результатов

9.4.1 При использовании матричного приемника диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле

$$D_{и.о} = D_{pix} \cdot a_{pix}, \tag{18}$$

где D_{pix} — число пикселей, укладывающихся в проекцию входного зрачка по одному из направлений;

a_{pix} — паспортный размер пикселя.

9.4.2 При использовании экрана результатом измерений входного зрачка является отсчет, снятый по измерительной линейке.

9.4.3 Эквивалентный диаметр круга $D'_{и.о}$, мм, площадь которого равна площади зрачка сложной конфигурации, вычисляют по формуле

$$D'_{и.о} = \sqrt{\frac{4S_{и.о}}{\pi}}, \tag{19}$$

где $S_{и.о} = \sum_{n=1}^{n} S_1 + S_2 \ldots + S_n$ — площадь входного зрачка испытуемого объектива сложной конфигурации, мм^2;

$S_1, S_2 \ldots S_n$ — измеренные площади отдельных участков входного зрачка сложной конфигурации, мм^2.

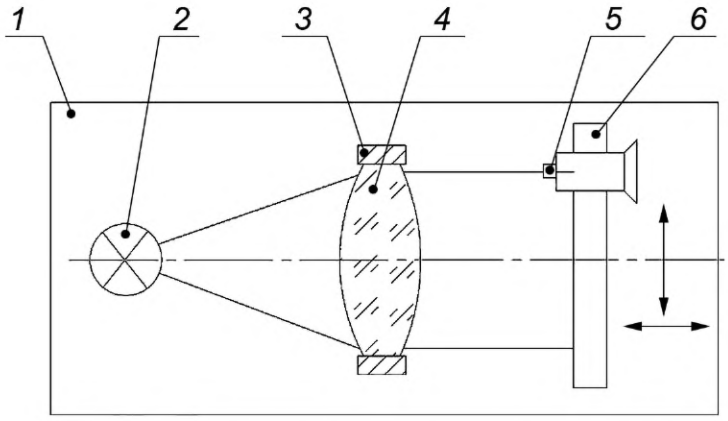
9.4.4 Среднее арифметическое значение диаметра входного зрачка определяют по результатам трех повторных независимых измерений.

10 Метод измерений с применением микроскопа

10.1 Требования к аппаратуре

10.1.1 Для измерения диаметра входного зрачка применяют:

- инструментальный микроскоп или универсальный измерительный микроскоп;
- оптическую скамью с микроскопом, принципиальная схема которой приведена на рисунке 6.



1 — единое амортизационное основание; *2* — источник излучения; *3* — испытуемый объектив, установленный в обратном ходе лучей; *4* — объективодержатель; *5* — микроскоп или анализирующий узел с матричным приемником излучения; *6* — двух- или трехкоординатное устройство

Рисунок 6 — Принципиальная схема оптической скамьи с микроскопом для измерений диаметра входного зрачка

10.1.2 Рабочий отрезок объектива микроскопа (расстояние от первой оптической поверхности микрообъектива до предметной плоскости) или микрообъектива анализирующего узла должен превышать расчетное расстояние от входного зрачка испытуемого объектива до переднего торца его оправы.

10.1.3 При измерениях на оптической скамье трех- или двухкоординатное устройство, предназначенное для перемещения микроскопа или анализирующего узла в трех или двух взаимно перпендикулярных направлениях, должно обеспечивать возможность перемещения вдоль и поперек оптической оси испытуемого объектива с регистрацией линейных перемещений поперек оптической оси с погрешностью не более 0,01 мм либо не более значения, установленного в ТД на испытуемый объектив.

10.1.4 Допуск параллельности опорного торца объективодержателя к трех- или двухкоординатному устройству должен составлять 1′.

10.1.5 При измерении диаметра входного зрачка, расположенного внутри объектива, вместо микроскопа применяют зрительную трубу (диоптрийную трубку).

10.1.6 Требования к анализирующему узлу с матричным приемником излучения — по 5.1.13, 5.1.14.

10.2 Подготовка к измерениям

10.2.1 Аппаратуру включают не менее чем за 30 мин до начала измерений.

10.2.2 Устанавливают испытуемый объектив в объективодержателе (или на предметном столе микроскопа) первой оптической поверхностью к объективу микроскопа (микрообъективу анализирующего узла).

Примечание — При необходимости диафрагму объектива устанавливают в соответствии с диафрагменным числом, указанным в ТД на объектив.

10.2.3 Источник излучения устанавливают вблизи заднего фокуса испытуемого объектива.

Примечание — Для обеспечения равномерного освещения входного зрачка в видимом диапазоне спектра между источником излучения и испытуемым объективом устанавливают матовое или молочное стекло.

10.3 Проведение измерений

10.3.1 Микроскоп (анализирующий узел) наводят на резкое изображение ирисовой диафрагмы, если входным зрачком испытуемого объектива является изображение его ирисовой диафрагмы.

Примечания

1 Если испытуемый объектив не имеет ирисовой диафрагмы, то микроскоп (анализирующий узел) смещают к краю его входного зрачка и фокусировкой микроскопа (анализирующего узла) находят изображение диафрагмы с резкой границей света и тени.

2 Если у объектива наблюдают несколько резких границ света и тени, то входным зрачком будет то изображение, которое имеет минимальный диаметр.

3 В связи с тем что ирисовая диафрагма испытуемого объектива образована конечным числом лепестков, входным зрачком является многоугольник, близкий к круглому входному зрачку.

4 Если ирисовая диафрагма имеет малое число лепестков и ее форма отлична от многоугольника, то рекомендуется использовать метод измерений с применением точечного источника излучения и экрана.

10.3.2 Перекрестие микроскопа (анализирующего узла) совмещают последовательно с диаметрально противоположными краями входного зрачка испытуемого объектива по шкале преобразователя линейных перемещений и снимают отсчеты L_1 и L_2.

10.3.3 Измерения проводят не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений.

10.4 Обработка результатов

Диаметр входного зрачка испытуемого объектива $D_{и.о}$, мм, вычисляют по формуле

$$D_{и.о} = | L_2 - L_1 |. \quad (20)$$

Вычисляют среднеквадратическое отклонение значения диаметра входного зрачка.

Примечание — Погрешность измерений диаметра входного зрачка определяется, как правило, погрешностью наводки перекрестия микроскопа (анализирующего узла) на край изображения входного зрачка и зависит от качества изготовления края апертурной диафрагмы.

11 Методы определения относительного отверстия

11.1 По результатам измерений диаметра входного зрачка $D_{и.о}$ в соответствии с настоящим стандартом и фокусного расстояния $f'_{и.о}$ в соответствии с ГОСТ Р 70038 геометрическое относительное отверстие вычисляют по формулам:

- для входных зрачков круглой формы

$$1:K = \frac{D_{и.о}}{f'_{и.о}}, \quad (21)$$

где K — диафрагменное число (знаменатель геометрического относительного отверстия);

- для входных зрачков сложной конфигурации

$$1:K = \frac{2}{f'_{и.о}}\sqrt{\frac{S_{и.о}}{\pi}}. \quad (22)$$

11.2 По результатам измерений геометрического относительного отверстия в соответствии с настоящим стандартом и интегрального коэффициента пропускания $\tau_{инт}$ по ГОСТ 24604 эффективное относительное отверстие вычисляют по формуле

$$1:K_э = (1:K)\sqrt{\tau_{инт}}, \quad (23)$$

где $K_э$ — эффективное диафрагменное число (знаменатель эффективного относительного отверстия оптической системы);

$\tau_{инт}$ — интегральный коэффициент пропускания испытуемого объектива, измеренный по ГОСТ 24604.

12 Оформление результатов измерений

12.1 Результаты измерений оформляют в виде протокола по форме, принятой на предприятии, проводившем измерения.

12.2 В протоколе указывают следующие сведения:

- полное и сокращенное наименование предприятия, проводившего измерения;
- дату проведения измерений;
- основание и цель проведения измерений;

- тип и номер основных средств измерений и вспомогательных устройств;
- данные об условиях проведения измерений (параметрах окружающей среды или других параметрах, указанных в ТД);
- идентификационные данные образцов, характеристики которых подвергались измерениям;
- результаты измерений.

В конце протокола должны быть указаны должности, фамилии, инициалы, а также подписи всех сотрудников, проводивших измерения и обработку их результатов.

УДК 681.7.067.2:006.354 ОКС 37.040

Ключевые слова: оптика и фотоника, объективы для оптико-электронных систем, методы измерений диаметра входного зрачка и определения относительного отверстия

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 13.10.2023. Подписано в печать 31.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,00.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru